



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



BICENTENARIO  
PERÚ 2021

Identificación de eventos de lluvias intensas en el observatorio de Huancayo.

**Pág. 4**

Incertidumbre causada por el parámetro de forma ( $\mu$ ) en los algoritmos del GPM-DPR para estimar los parámetros del DSD.

**Pág. 14**

Resumen del informe técnico de El Niño.

**Pág. 21**

Resumen del Comunicado ENFEN.

**Pág. 22**

# BOLETÍN CIENTÍFICO EL NIÑO

Vol. 7 N° 05 Mayo 2020



**IGP**

Instituto  
Geofísico  
del Perú

# CRÉDITOS

***Fabiola Muñoz Dodero***

Ministra del Ambiente

***Instituto Geofísico del Perú:***

***Hernando Tavera Huarache***

Presidente Ejecutivo

***Danny Scipión Castillo***

Director Científico

***Yamina Silva Vidal de Millones***

Directora

Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera

***Equipo editorial:***

***James Apaéstegui Campos***

***Kobi Mosquera Vásquez***

***Katherine Morón Rodríguez***

***Dirección y Diagramación:***

***Gianna Faccin Zaconett***

Directora creativa

***Ameli Bautista Ramirez***

***Martin Gonzales Vicente***

Diseño y diagramación

Carátula: Observatorio de Huancayo - IGP

Foto: Manuel Román Piñas Laura

Lima, febrero de 2021

El boletín científico "El Niño" es generado en el marco del Programa Presupuestal N° 068 "Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres".

Producto 1: Estudios para la estimación del riesgo de desastres

Actividad 5: Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño

Instituto Geofísico del Perú

Calle Badajoz 169 Mayorazgo, Ate, 15012.

Teléfono: 51-1-3172300

---

# EDITORIAL

---

El Instituto Geofísico del Perú (IGP), institución pública adscrita al Ministerio del Ambiente, tiene por finalidad generar, utilizar y transferir conocimientos e información científica y tecnológica en el campo de la geofísica y ciencias afines. El IGP forma parte de la comunidad científica internacional y contribuye a la gestión del riesgo de desastres en el Perú, con énfasis en la prevención y mitigación de desastres naturales y de origen antrópico.

El IGP, a través del Programa de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático, genera conocimiento científico sobre los componentes del sistema climático (atmósfera, océano, suelo, biósfera y criósfera) y la interacción entre ellos. El Niño - Oscilación del Sur es uno de los principales modos de variabilidad, el cual es objeto de estudio en el programa de investigación, debido a la alta vulnerabilidad del Perú y los impactos negativos asociados.

Desde el 2014, el IGP y otras instituciones integrantes de la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN) participan en el Programa Presupuestal 068: "Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres"- PREVAED, contribuyendo con el producto denominado "Estudios para la estimación del riesgo de desastres". El IGP realiza la síntesis y evaluación de los pronósticos de modelos climáticos internacionales, el desarrollo y validación de nuevos modelos, además de otros estudios que fortalecen en forma continua la capacidad de monitoreo y pronóstico de El Niño en el Perú.

Con el fin de divulgar el conocimiento científico, el Instituto Geofísico del Perú presenta periódicamente sus investigaciones y avances en temas de variabilidad y cambio climático, a través de su Boletín Científico "El Niño", tratando de presentar la información con un lenguaje sencillo y sintetizando los aspectos más relevantes de dichas investigaciones. El objetivo es que las autoridades y técnicos especialistas en la gestión del riesgo de desastres (GRD) pertenecientes a los tres niveles de gobierno, así como el público en general interesado, puedan tener como fuente de conocimiento a los materiales de investigación que el IGP genera.

El presente ejemplar suma dos artículos de investigación. El primero, titulado "Identificación de eventos de lluvia intensa en el observatorio de Huancayo, valle del río Mantaro", presenta un análisis de los procesos de identificación de eventos de lluvia intensa en el valle en mención para diferentes períodos estacionales y, además, la posible influencia de los eventos El Niño y La Niña.

El segundo artículo, titulado "Incertidumbre causada por el parámetro de forma ( $\mu$ ) en los algoritmos del GPM-DPR para estimar los parámetros del DSD", evalúa el impacto del llamado "parámetro de forma ( $\mu$ )" en el proceso para calcular la precipitación en la región de los Andes por medio de la red satelital GPM (Global Precipitation Measurement).

En este boletín se presenta también el resumen del informe técnico de El Niño, documento que forma parte de los compromisos asumidos por el IGP en el marco del PPR 068. En esta ocasión el informe indica que, hasta la fecha, se observan condiciones neutras frente a la costa del Perú, mientras que en el Pacífico central las condiciones son del tipo cálidas débiles. Los resultados de los modelos numéricos climáticos de NMME indican un escenario ligeramente frío, tanto en el Pacífico central como oriental, siendo para la primera región (central) una condición fría débil a partir de septiembre de 2020.

Al final de este boletín incluye el resumen del Comunicado Oficial del ENFEN, el que indica que se mantiene el sistema de alerta en "No Activo", debido a que se espera hasta inicios de invierno el desarrollo de temperaturas del mar ligeramente por debajo de lo normal frente a la costa del Perú, aunque manteniéndose en el rango de las condiciones neutras. Es importante advertir que, en caso de existir discrepancias con el informe técnico de El Niño emitido por el IGP, prevalecerá lo establecido en el Comunicado Oficial del ENFEN.

## **DIVULGACIÓN CIENTÍFICA**

# **IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS DE LLUVIA INTENSA EN EL OBSERVATORIO DE HUANCAYO, VALLE DEL MANTARO**

**José Luis Flores Rojas**<sup>1</sup>

## **RESUMEN**

En el presente artículo de divulgación presentamos un análisis de los procesos de identificación de eventos de lluvia intensa sobre el observatorio de Huancayo, localizado en el valle del río Mantaro, durante diferentes períodos estacionales y, también, analizamos la posible influencia de los eventos El Niño y La Niña, cuantificados por el Índice El Niño Oceánico (ONI, por sus siglas en inglés), sobre el número de eventos de lluvia intensa identificados durante el período de julio de 2012 a julio del 2020 mediante el uso de datos pluviométricos y del radar MIRA-35C. Durante este periodo ocurrieron eventos El Niño entre los años 2014, 2015 y 2018 y eventos de La Niña durante los años 2016, 2017 y 2020.

El artículo científico original se encuentra en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105188>

**Palabras clave:** *El Niño, La Niña, lluvias intensas, tormentas, valle del Mantaro y radar.*

### **AFILIACIÓN:**

1- Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Citar como: Flores, J., Moya, A., Valdivia, J., Piñas, M., Kumar, S., Abi, H., Villalobos, E., Martínez- Castro, D., Silva, Y. (2020). Identificación de eventos de lluvia intensa en el observatorio de Huancayo, valle del Mantaro. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N° 05. pág. 4 - 13

## INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de lluvias intensas, fuertes ráfagas de viento y, algunas veces, granizo y relámpagos en la superficie están asociados con procesos convectivos intensos y profundos que convierten el vapor de agua en agua sólida y líquida. Muchas de las principales características de la lluvia convectiva están influenciadas por cadenas montañosas como la cordillera de los Andes (Banta, 1991; Barry, 1992).

El *jet* de niveles bajos sudamericanos fluye frecuentemente en la región amazónica, sobre el lado este de la cordillera de los Andes (Marengo et al., 2004), y transporta grandes cantidades de vapor de agua al centro y sur de Sudamérica (Salio et al., 2002). Además, se ha demostrado que la convección y precipitación de la tarde y la noche sobre los Andes centrales están relacionadas con la intensificación de vientos térmicos ascendentes que transportan la humedad a grandes alturas, principalmente, a través de las quebradas ubicadas en ambos lados de la cordillera de los Andes, debido al calentamiento diurno masivo sobre las laderas y mesetas de las montañas (Egger et al., 2005).

Otra circulación importante, relacionada con la ocurrencia de lluvias en los Andes centrales, es el sistema denominado “alta de Bolivia” (AB), que se forma sobre América del Sur durante el verano austral (diciembre-marzo) (Virji, 1981) en los niveles superiores de la atmósfera (200 hPa - 300 hPa). El ramo norte del sistema AB se ha asociado con el transporte de humedad de niveles medios, desde la cuenca del Amazonas a los Andes centrales, lo que intensifica la convección en altitudes elevadas (Garreaud et al., 2003).

En los Andes centrales se ha mostrado que los eventos de lluvia intensa se pueden separar en dos grupos: el primero está asociado a las circulaciones del oeste (CO) en los niveles medio y alto de la atmósfera, generados por el debilitamiento y desplazamiento hacia el este del sistema AB (Flores-Rojas et al., 2019; Villalobos-Puma et al., 2020), y el segundo está asociado a las circulaciones del este (CE), también en los niveles medio y alto de la atmósfera, generados por la intensificación del sistema AB en la Amazonía (Flores-Rojas et al., 2020). Los resultados observados y simulados mostraron que los sistemas convectivos de eventos con CO son más extensos y profundos que los eventos con CE.

En la cuenca del río Mantaro se han identificado eventos de lluvia intensa que ocurren, principalmente, entre la primavera (septiembre-noviembre) y el verano (diciembre-marzo), con algunos casos esporádicos en abril y agosto. Además, se ha identificado que la duración del periodo lluvioso en la cuenca del río Mantaro está modulada más por las fechas iniciales que por las fechas finales, debido a su mayor variabilidad. También se ha identificado que el fenómeno El Niño favorece el inicio tardío y el final temprano de la temporada de lluvias, en tanto La Niña favorece el inicio temprano y el final tardío de la temporada de lluvias (Giráldez et al., 2020).

En el presente artículo de divulgación presentamos un análisis de los procesos de identificación de eventos de lluvia intensa sobre el observatorio de Huancayo (valle del Mantaro) en diferentes períodos estacionales y, también, analizamos la posible influencia de los eventos El Niño y La Niña, cuantificados por el Índice ONI, sobre el número de eventos de lluvia intensa. Se han identificado los eventos de lluvia más intensos sobre el observatorio de Huancayo en el período de agosto 2012 hasta junio 2020, mediante el uso de datos pluviométricos y del radar MIRA-35C.

## DATOS Y METODOLOGÍA

Todos los datos utilizados en el artículo fueron obtenidos con los pluviómetros automáticos de balanza del laboratorio de microfísica y radiación (LAMAR), ubicado en el observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú (12.05°S, 75.32°W, 3313 m s.n.m.), el cual está dentro de la cuenca del río Mantaro. Esta cuenca se ubica en los Andes centrales del Perú (10° 34'-13° 35'S, 73° 55'-76° 40'W), formando un área cercana a los 34 550 km<sup>2</sup>. Las altitudes en la cuenca del Mantaro oscilan entre los 500 y los 5350 m s.n.m., y su altitud promedio es de 3800 m s.n.m. (panel izquierdo de la Figura 1).

Para verificar la ocurrencia de eventos de lluvia intensa en el observatorio de Huancayo a través del análisis de reflectividad y velocidades verticales del viento, se usaron datos obtenidos del Radar Meteorológico Compacto de Nubes de Banda Ka (MIRA-35c). El radar MIRA-35c permite detectar nubes y nieblas atmosféricas a través de un radar Doppler de banda Ka con una alta sensibilidad, el cual tiene la capacidad de detectar espectros Doppler de reflectividad y la relación de despolarización lineal. Se utilizó una resolución de alcance de 32 m, una resolución temporal de 5.3 s y una apertura angular igual a 0.6°.

Por otro lado, el ONI (del inglés Oceanic Niño Index) es un índice que se calcula aplicando una media corrida de tres meses a la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W -170°W), la cual se localiza en el Pacífico central, que luego se compara con un periodo base de 30 años, actualizado cada cinco años. El ONI se utiliza para monitorear el desarrollo de El Niño o La Niña y sus períodos cálidos y fríos están basados en un umbral de +/- 0.5°C, tal como se observa en el panel inferior de la Figura 2, que va del año 2000 hasta el 2020. Durante el período 2012-2020, ocurrieron eventos de El Niño entre los años 2014, 2015 y 2018 y eventos de La Niña durante los años 2016, 2017 y 2020.

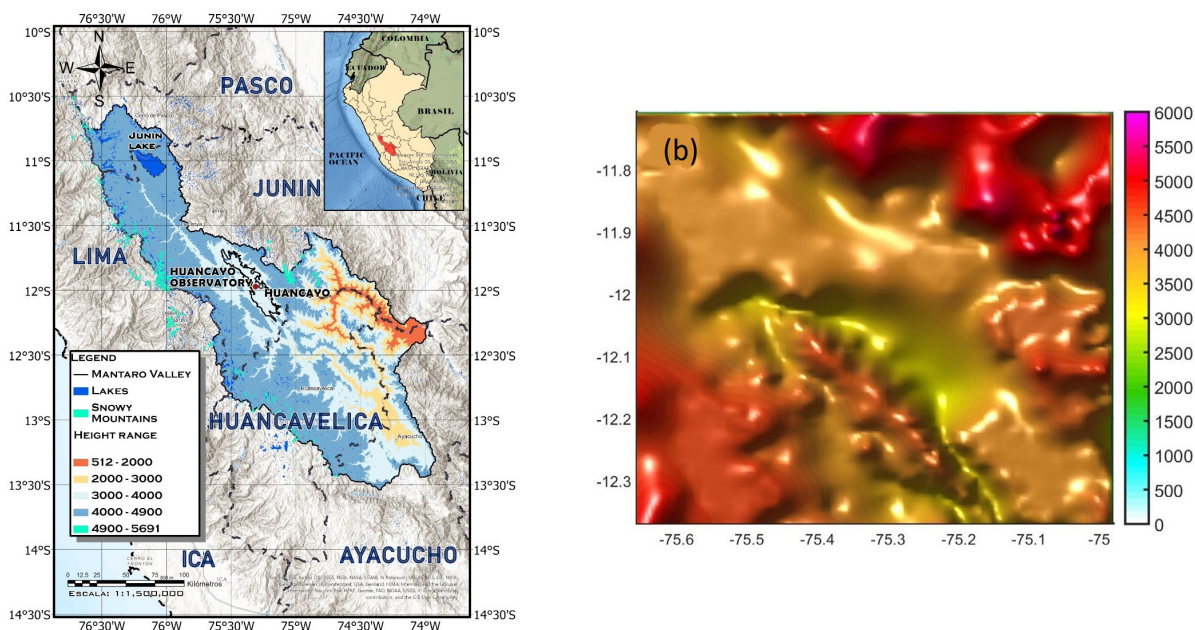


Figura 1. (Izquierda) El área de la cuenca del río Mantaro y la ubicación de la estación meteorológica en el observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú (12.05°S, 75.3°W, 3313 m s.n.m.). (Derecha) Topografía del valle del río Mantaro. La escala de colores indica los niveles de altitud sobre el nivel del mar.

# RESULTADOS

## DATOS OBSERVADOS

Para el presente estudio identificamos un total de 197 eventos de precipitaciones intensas acumuladas horarias ( $\text{mm h}^{-1}$ ) entre julio del 2012 hasta julio del 2020, utilizando pluviómetros convencionales instalados en el observatorio de Huancayo. Los eventos de lluvia intensa fueron seleccionados considerando valores acumulados horarios de precipitación que excedan el valor medio más la desviación estándar climatológica de cada mes (panel izquierdo de la Figura 2). El ciclo diurno y el ciclo estacional de la precipitación sobre el observatorio de Huancayo muestran que la mayor cantidad de precipitación ocurre entre septiembre y abril, y entre las 14:00 y 22:00, hora local, con algunos eventos de precipitación intensa entre la 01:00 y 03:00, hora local, (panel derecho de la Figura 2). El análisis estadístico con diagramas de caja (boxplot) donde se muestra la mediana, los valores mínimos, máximos y valores atípicos de precipitación acumulada horaria ( $\text{mm h}^{-1}$ ), durante el periodo enero 2016- julio 2020 (Figura 3), permitió identificar un total de 23 eventos de precipitación intensa en el período lluvioso 2012-2013, 25 en el período 2013-2014, 29 en el período 2014-2015, 31 en el período 2015-2016, 29 en el período 2016-2017, 25 en el período 2017-2018, 25 en el período 2018-2019 y 10 en el período 2019-2020 (Tabla 1).

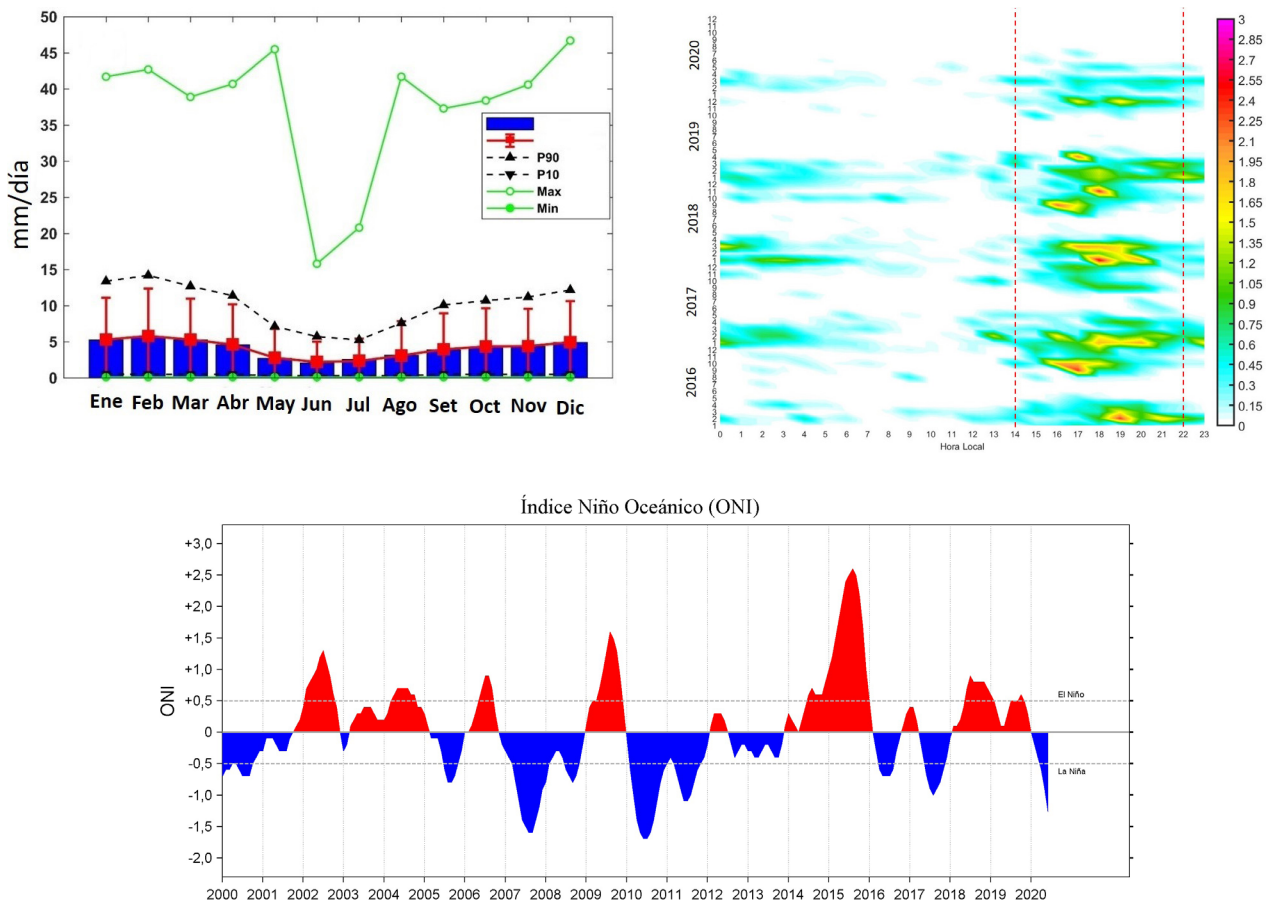


Figura 2. (Izquierda) Variación mensual de la climatología de la precipitación acumulada diaria entre los años 1965 y 2013. Se muestran los valores medios, las desviaciones estándar, el percentil 10, el percentil 90 y los valores máximos. (Derecha) Ciclo diurno y estacional de la precipitación media horaria para los años 2016, 2017, 2018 y 2020. Los datos fueron obtenidos sobre el observatorio de Huancayo ( $12^{\circ}\text{S}$ ,  $75.3^{\circ}\text{W}$ ). (Abajo) Serie temporal del índice ONI desde el año 2000 hasta el año 2020.

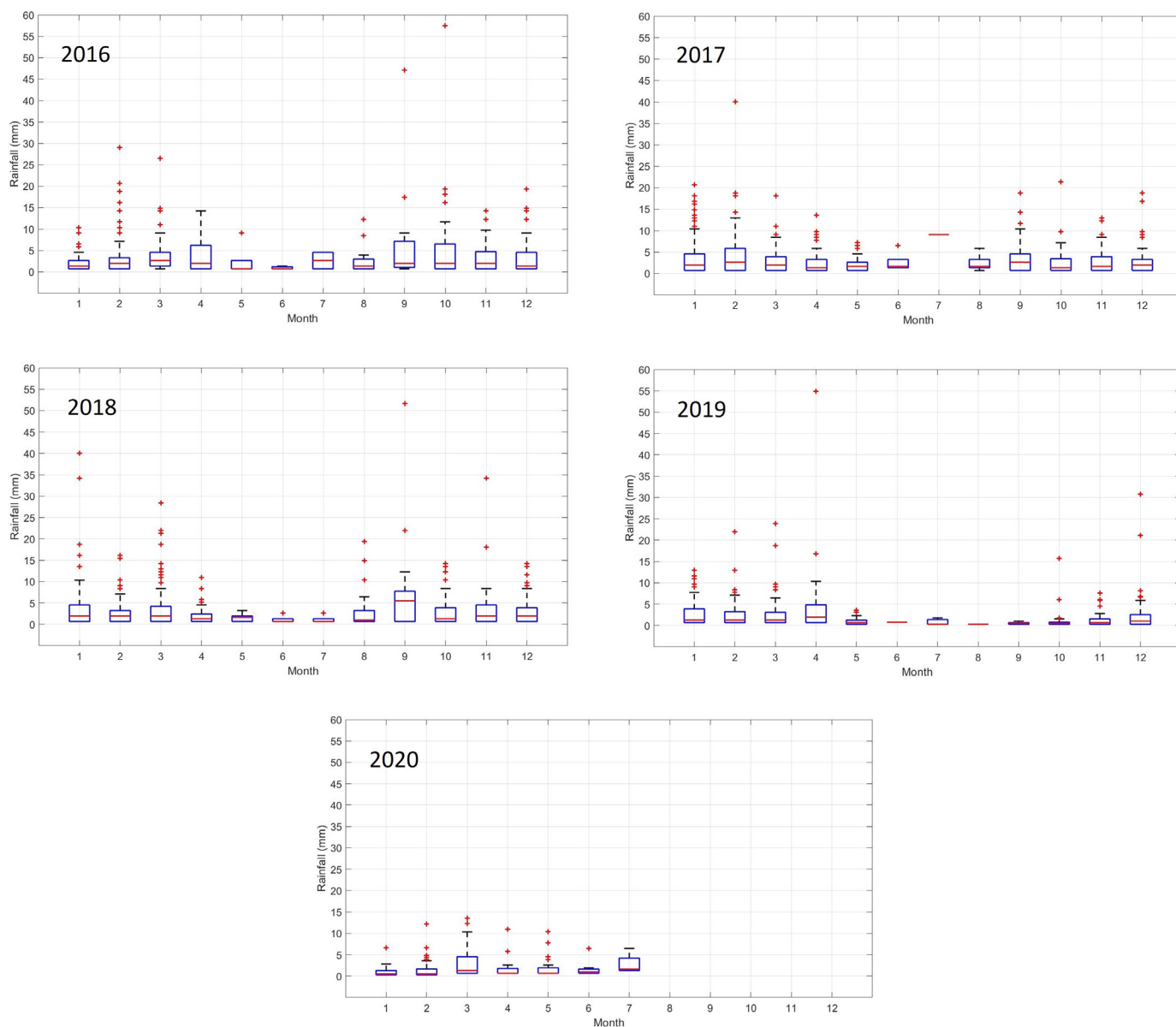


Figura 3. Análisis estadístico con diagramas de caja (boxplot) donde se muestra la mediana, los valores mínimos, máximos y valores atípicos de precipitación acumulada horaria (mm h<sup>-1</sup>) para los años 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020 observados en el observatorio de Huancayo (12°S, 75.3°W).

Además, utilizando el radar MIRA 35C fue posible estimar la máxima reflectividad (dBz) y las velocidades verticales generadas durante algunos de los eventos de lluvia intensa entre enero 2018 y julio 2020. Luego, separamos estos eventos de lluvia de acuerdo con las circulaciones de viento de nivel superior (200-300 hPa) e identificamos 15 eventos de lluvia, caracterizados por el desplazamiento hacia el sureste y el debilitamiento del sistema AB, así como una fuerte intrusión de vientos del oeste que llamamos eventos con circulaciones del oeste (CO) (Tabla 3). Por otro lado, identificamos 24 eventos de lluvia caracterizados por la intensificación del sistema AB, generando circulaciones provenientes del este que denominamos eventos con circulación del este (CE) (Tabla 3).

También, se muestran los períodos cálidos (rojos) y fríos (azul) basados en un umbral de  $\pm 0.5$  °C del ONI para los años 2012 y 2020. Los valores muestran la presencia de un evento El Niño muy intenso entre los periodos 2014-2015 y 2015-2016, lo cual coincide con la mayor cantidad de eventos de lluvia intensa (32 y 35, respectivamente); registrados en el valle del Mantaro. Además, se observó un predominio de anomalías negativas de la temperatura superficial del mar en los

periodos lluviosos: 2016-2017 y 2017-2018 con un número de eventos de lluvia intensa iguales a 26 y 24, respectivamente. Durante el periodo 2018-2019 se presentó también un evento El Niño de baja intensidad y se identificaron 26 eventos de lluvia intensa. Por otro lado, en el periodo 2019-2020 hubo un periodo de transición de anomalías positivas hacia anomalías negativas que llegó hasta un evento La Niña durante los primeros meses del 2020 (Tabla 2). Al parecer, los eventos El Niño pueden tener una influencia en el aumento de los eventos de lluvia intensa ocurridos en el valle del Mantaro, así como los eventos de La Niña podrían influir en la disminución de eventos de lluvia intensa, tal como influye en la duración del periodo lluvioso en los Andes centrales del Perú (Giráldez et al., 2020).

Tabla 1. Horas de lluvias intensas contabilizadas durante los periodos lluviosos entre los años 2012-2020

Periodo	Horas de lluvias intensas
2012-2013	23
2013-2014	25
2014-2015	32
2015-2016	35
2016-2017	26
2017-2018	24
2018-2019	26
2019-2020	10

Tabla 2. Periodos cálidos (rojos) y fríos (azul) basados en un umbral de +/- 0.5 °C para el Índice de Niño Oceánico (ONI) [media móvil de 3 meses de anomalías ERSST.v5 SST en la región del Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W -170°W)], basado en periodos base centrados de 30 años actualizados cada 5 años.

	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
2012	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0	-0.2
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.4	0.6	0.7
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6
2016	2.5	2.2	1.7	1	0.5	0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-1
2018	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.9	0.8
2019	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1	0.3	0.5	0.5
2020	0.5	0.6	0.5	0.3	0	-0.2	-0.4					

Para analizar los eventos durante los años 2018, 2019 y 2020, la Tabla 3 muestra las lluvias intensas identificadas con CO. Los eventos de precipitación con máxima intensidad fueron los eventos CO3 (51.6 mm h<sup>-1</sup>) y CO11 (30.7 mm h<sup>-1</sup>). Desafortunadamente, no se tienen datos de reflectividad del MIRA-35C para estos eventos debido a problemas técnicos. De igual forma, la Tabla 4 muestra todos los eventos de lluvia intensa identificados con CE. Los eventos de precipitación con máxima intensidad fueron los eventos CE1 (40.0 mm h<sup>-1</sup>) y CE22 (54.8 mm h<sup>-1</sup>). Los valores mínimos de velocidad vertical fueron -11 m s<sup>-1</sup> para el evento CQE1 y -12 m s<sup>-1</sup> para el evento CE22. Los valores máximos de reflectividad para ambos eventos fueron 40 dBz y 35 dBz, respectivamente.

Tabla. 3. Eventos de lluvia para eventos de circulación del oeste (CO). Identificamos quince (15) eventos entre los años 2018 y 2020. Se muestra la hora de máxima intensidad de precipitación la precipitación acumulada horaria (mm h<sup>-1</sup>).

Año	Fecha	Hora Local	Precipitación horaria (mm h <sup>-1</sup> )	Máxima Reflectividad (dBZ)	Mínima velocidad vertical (m s <sup>-1</sup> )
2018	01/08 (CO1)	17	14.8	38	-7
	03/08 (CO2)	17	19.4	35	-12
	15/09 (CO3)	16	51.6	°	°
	24/09 (CO4)	17	21.9	38	-9
	29/09 (CO5)	17	12.3	36	-10
	07/10 (CO6)	8	12.3	32	-8
2019	25/02 (CO7)	16	21.9	35	-10
	10/04 (CO8)	14	16.8	36	-12
	06/10 (CO9)	15	15.8	33	-11
	26/12 (CO10)	19	21.1	°	°
	28/12 (CO11)	17	30.7	°	°
2020	09/03 (CO12)	17	13.6	34	-8
	18/04 (CO13)	1	11	35	-9
	15/05 (CO14)	19	10.3	30	-6
	05/06 (CO15)	15	6.5	28	-5

Tabla. 4. Eventos de lluvia para eventos de circulación del este (CE). Identificamos quince (16) eventos entre los años 2018 y 2020. Se muestra la hora de máxima intensidad de precipitación la precipitación acumulada horaria ( $\text{mm h}^{-1}$ ).

Año	Fecha	Hora Local	Precipitación horaria ( $\text{mm h}^{-1}$ )	Máxima Reflectividad (dBZ)	Mínima velocidad vertical ( $\text{m s}^{-1}$ )
2018	11/01 (CE1)	18	40	35	-11
	17/01 (CE2)	3	29.7	32	-6
	17/01 (CE3)	20	34.2	°	°
	18/01 (CE4)	3	13.6	28	-4
	17/02 (CE5)	19	16.1	33	-10
	26/02 (CE6)	19	15.5	38	-6
	05/03 (CE7)	17	12.9	25	-5
	11/03 (CE8)	0	28.4	34	-8
	17/03 (CE9)	18	21.9	33	-6
	28/03 (CE10)	19	21.3	31	-5
	14/10 (CE11)	1	13.6	°	°
	25/10 (CE12)	16	27.8	32	-7
	15/11 (CE13)	18	34.2	36	-8
	21/11 (CE14)	18	18.1	°	°
	17/12 (CE15)	1	27.8	30	-4
2019	23/01 (CE16)	22	12.9	35	-9
	27/01 (CE17)	13	12.9	°	°
	28/01 (CE18)	17	24.5	34	-12
	02/02 (CE19)	18	12.9	°	°
	07/03 (CE20)	14	18.7	40	-12
	11/03 (CE21)	8	23.9	32	-8
	17/04 (CE22)	17	54.8	38	-12
2020	14/02 (CE23)	17	12.2	25	-5
	13/03 (CE24)	21	24.6	30	-7

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo del presente estudio es describir el método utilizado para identificar eventos de lluvia intensa a escala horaria ( $\text{mm h}^{-1}$ ) que ocurrieron sobre el observatorio de Huancayo entre julio del 2012 y julio del 2020. Debemos enfatizar que todos los resultados presentados aquí están basados en muestras de datos in situ de pluviómetros y del radar MIRA-35C, instalados en el observatorio de Huancayo. De acuerdo a estas consideraciones concluimos lo siguiente:

El ciclo diurno y el ciclo estacional de la precipitación sobre el observatorio de Huancayo muestran que la mayor cantidad de precipitación ocurre entre septiembre y abril y entre las 14 y las 22h, hora local, con algunos eventos de precipitación intensa alrededor de la 01 y 03 h. El análisis estadístico de los eventos de precipitación intensa permitió identificar un total de 23 eventos en el período lluvioso 2012-2013, 25 en el periodo 2013-2014, 29 en el período 2014-2015, 31 en el periodo 2015-2016, 29 en el periodo 2016-2017, 25 en el periodo 2017-2018, 25 en el período 2018-2019 y 10 en el periodo 2019-2020.

De acuerdo con el análisis de las anomalías de temperatura superficial del mar cuantificados por el índice ONI, los eventos El Niño, podrían tener una influencia en el aumento de la cantidad de eventos de lluvia intensa ocurridos en el valle del Mantaro, así como los eventos de La Niña podrían influir en la disminución de la cantidad de eventos de lluvia intensa, tal como influye en la duración del periodo lluvioso en los Andes centrales del Perú (Giráldez et al., 2020). Sin embargo, es necesario cuantificar esta influencia mediante el análisis de eventos de lluvia intensa para un mayor número de periodos lluviosos en los Andes centrales del Perú.

## REFERENCIAS

Banta R.M. (1990) The Role of Mountain Flows in Making Clouds. In: Blumen W. (eds) *Atmospheric Processes over Complex Terrain*. Meteorological Monographs, vol 23. American Meteorological Society, Boston, MA.

Barry, R. (1992). *Mountain weather and climate*. London: Routledge.

Egger, J., Blacutt, L., Ghezzi, F., Heinrich, R., Kolb, P., Lämmlein, S., .... and Zaratti, F. (2005). *Diurnal Circulation of the Bolivian Altiplano*. Part I: Observations. *Monthly Weather Review*, 133(4): 911-934.

Flores-Rojas, J.L., Moya-Álvarez, A.S., Valdivia-Prado, J.M., Piñas-Laura, M.; Shailendra Kumar; Hugo Abi Karam ;.... and Yamina Silva. (2020). *On the dynamic mechanisms of intense rainfall events in the central Andes of Peru, Mantaro valley*. *Atmospheric Research*, 248, 105188.

Flores-Rojas, J.L., Moya-Alvarez, A.S., Kumar, S., Martínez-Castro, D., Villalobos-Puma, E., Silva-Vidal, Y. (2019). *Analysis of Possible Triggering Mechanisms of Severe Thunderstorms in the Tropical Central Andes of Peru, Mantaro Valley*. *Atmosphere*, 10 (6): 301-331.

Garreaud, R.D., Vuille, M., Clement, A.C. (2003). *The climate of the Altiplano: Observed and current conditions and mechanisms of past changes*. *Palaeogeogr. Paleoclimatol. Palaeoecol.*, 194 (1-3): 5-22.

Giráldez, L., Silva, Y., Zubieta, R., Sulca, J. (2020). *Change of the rainfall seasonality over Central Peruvian Andes: onset, and duration and its relationship with large-scale atmospheric circulation*. *Climate*, 8 (2): 23 – 45.

Marengo, J.A., Soares, W.R., Saulo, C., Nicolini, M. (2004). *Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEP–NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability*. *Journal of Climate*, 17 (12): 2261-2280.

Salio, P.; Nicolini, M.; Saulo, A.C. (2002). *Chaco low-level jet events characterization during the austral summer season*. *Journal of Geophysical Research*, 17 (12): 2261 2280.

Villalobos-Puma, E. and Martinez-Castro, D. and Flores-Rojas, J.L.; Saavedra, M.; Silva Vidal, Y. (2020). *Diurnal Cycle of Raindrops Size Distribution in a Valley of the Peruvian Central Andes*. *Atmosphere*, 11 (1): 38 – 59.

Virji, H. (1981). *A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds*. *Monthly Weather Review*, 109 (3): 599-612.

## AVANCE DE INVESTIGACIÓN

# INCERTIDUMBRE CAUSADA POR EL PARÁMETRO DE FORMA ( $\mu$ ) EN LOS ALGORITMOS DEL GPM-DPR PARA ESTIMAR LOS PARÁMETROS DEL DSD

**Carlos Del Castillo Velarde <sup>1</sup> y Shailendra Kumar <sup>1</sup>**

## RESUMEN

El valle del río Mantaro, ubicado en los Andes centrales del Perú, Junín, es caracterizado por flujos de humedad provenientes de la Amazonía que, combinada con su compleja topografía, genera una distribución espacial y temporal de las lluvias muy variable. El monitoreo de lluvias mediante el satélite Global Precipitation Measurement (GPM), equipado con un radar de precipitación de frecuencia dual (DPR, por sus siglas en inglés), ayuda a tener datos espaciales ante el limitado número de estaciones meteorológicas dentro del valle. El GPM, para estimar la precipitación, aplica ciertas asunciones, una de estas es restringir el parámetro de forma ( $\mu$ ) en la distribución del tamaño de gotas (DSD, por sus siglas en inglés) a 3, lo que podría introducir errores en la estimación de la lluvia. En este trabajo se busca evaluar el impacto de  $\mu$  en el algoritmo de estimación de precipitación del satélite GPM para la región de los Andes, mediante mediciones *in situ* con un disdrómetro óptico. El periodo de análisis corresponde a los meses que van de diciembre de 2017 a marzo de 2018. Los resultados preliminares indican que en los algoritmos SF (Single Frequency) y DF (Dual Frequency) el mayor error debido a la restricción del parámetro de forma de DSD está relacionado a las gotas con diámetro entre 2 y 3 mm; además, se identificó que el algoritmo DF es más sensible a las variaciones del parámetro de forma, incrementando el error de las gotas con diámetro entre 1 y 2 mm.

**Palabras clave:** Valle del Mantaro, DFR, Distribución de gotas, GPM, parámetro de forma y PARSIVEL.

## AFILIACIÓN:

1- Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Citar como: Del Castillo, C., Kumar, S. (2020). Incertidumbre causada por el parámetro de forma ( $\mu$ ) en los algoritmos del GPM-DPR para estimar los parámetros del DSD. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N° 05. pág. 14-19.

## INTRODUCCIÓN

El monitoreo de lluvias a través de los satélites es esencial para el estudio del ciclo hidrológico, esto debido a la capacidad que tienen para observar fenómenos atmosféricos a escala global y regional, y con una frecuencia temporal relativamente alta. Además, es una herramienta extremadamente útil en regiones donde el número de estaciones meteorológicas es limitado. Por tal motivo, es importante validar el algoritmo de estimación de precipitación y conocer sus limitaciones. Para ello, se debe evaluar la distribución del tamaño de gotas (DSD, por sus siglas en inglés) para corroborar su rendimiento bajo diferentes regímenes climáticos y regiones. El DSD es una propiedad fundamental para una buena estimación de la precipitación, además es capaz de proveernos información a nivel de la microfísica de los procesos que se desarrollan dentro de la nube (Harikumar, 2016) y la evolución de la lluvia.

El satélite de precipitación GPM-DPR para estimar el DSD hace uso de los algoritmos SF (single frequency) y DF (Dual frequency), los cuales parametrizan el DSD mediante: el diámetro medio ( $D_m$ ), el parámetro de escala ( $N_w$ ) y el parámetro de forma ( $\mu$ ). El parámetro de forma, como su nombre lo indica, determina la forma del DSD y está estrechamente relacionado con la variabilidad del DSD. Los algoritmos del GPM determinan estadísticamente que el mejor valor de  $\mu$  es 3; sin embargo, esta asunción introduce incertidumbre en la estimación de los parámetros  $D_m$  y  $N_w$ , que debe ser tomada en cuenta.

## DATOS

Se utilizaron datos del disdrómetro óptico PARSIVEL 2, que es un sistema compuesto de un emisor y un receptor de un láser. Este instrumento cuenta el número de gotas que atraviesan el láser y luego las clasifica por velocidad de caída y diámetro. Se puede identificar lloviznas, lluvias, nieve y granizo, además de combinaciones de precipitaciones como llovizna con lluvia o llovizna con nieve. El periodo de análisis es desde diciembre de 2017 a marzo de 2018, con resolución temporal de 1 minuto. Se usaron datos del pluviómetro para la comparación de los resultados. Estos instrumentos son parte del Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR), ubicado en el Observatorio de Huancayo del IGP (12.04° S, 75.3° O, 3330 m s.n.m.).

## METODOLOGÍA

La metodología consiste en simular la reflectividad ( $Z_e$ ) y atenuación ( $k$ ), según la ecuación 1 y 2 en las banda Ka y Ku a partir del DSD ( $N(D)$ ), medido por el disdrómetro. Los índices de dispersión ( $\sigma_b$  y  $\sigma_e$ ) para una gota se obtuvieron usando el método de matriz-T (Mishchenko y Travis, 1998), configurado para una gota de lluvia a 10 °C con forma de esferoide y cuya relación de ejes es la reportada en Tokay et al. (2014).

$$Z_e = \frac{\lambda^4}{\pi^5 K^2} \int N(D) \sigma_b(D) dD \quad (1)$$

$$k = \frac{0.01}{\ln(10)} \int N(D) \sigma_e(D) dD \quad (2)$$

- $N(D)$ , es el número de partículas de precipitación por unidad de volumen expresado por la ecuación 3;
- $D$ , el diámetro de la gota (mm);
- $\sigma_b(D)$ , la sección eficaz de retro-dispersión (mm<sup>2</sup>);
- $\sigma_e(D)$ , la sección eficaz de extinción (mm<sup>2</sup>);
- $\lambda$ , es la longitud de onda (mm);
- $K$ , es el coeficiente dieléctrico de una gota.

$$N(D) = N_w \frac{6(\mu+4)^{\mu+4}}{4^4 \Gamma(\mu+4)} \left(\frac{D}{D_m}\right)^\mu \exp\left[-\frac{(\mu+4)D}{D_m}\right] \quad (3)$$

Donde:

- $D_m$  es el diámetro medio (mm);
- $\Gamma$  es la función gamma (sin unidades);
- $N_w$  es el parámetro de interceptación normalizada (en mm<sup>-1</sup> m<sup>-3</sup>);
- $\mu$  es el parámetro de forma y tiene el valor de 3 en el algoritmo del GPM-DPR.

El método SF es calculado mediante la razón de la atenuación ( $k$ ) y la reflectividad equivalente ( $Z_e$ ).

$$SF = \frac{k}{Z_{e(\lambda=22 \text{ mm})}} \quad (4)$$

Mientras que el algoritmo DF es calculado como la diferencia entre reflectividad equivalente con  $\lambda=22$  mm y  $\lambda=8.43$  mm.

$$DFR = 10 \log_{10} \left( \frac{Z_{e(\lambda=22 \text{ mm})}}{Z_{e(\lambda=8.43 \text{ mm})}} \right) \quad (5)$$

Finalmente, se utilizó la interpolación lineal junto con tablas de búsqueda (tablas de referencia) para estimar  $D_m$  a partir de las mediciones de  $k/Z_e$  o DFR, luego  $N_w$  se puede derivar reemplazando (3) en (1) conociendo  $D_m$ .

## RESULTADOS

Se observa alta dispersión entre la relación  $k/Z_e$  y  $D_m$  (Figura 1A), así como entre DFR y  $D_m$  (Figura 1B), que es causada por la variabilidad natural del DSD (Adhikari et al., 2006; Chang y Hong, 2012), que tiene fuerte relación con el parámetro de forma ( $\mu$ ). Cuando  $\mu$  es fijo en los algoritmos SF y DF, parte de esta variabilidad se pierde, afectando principalmente los valores de  $k/Z_e$  y DFR correspondientes a los diámetros entre 1 y 3 mm.

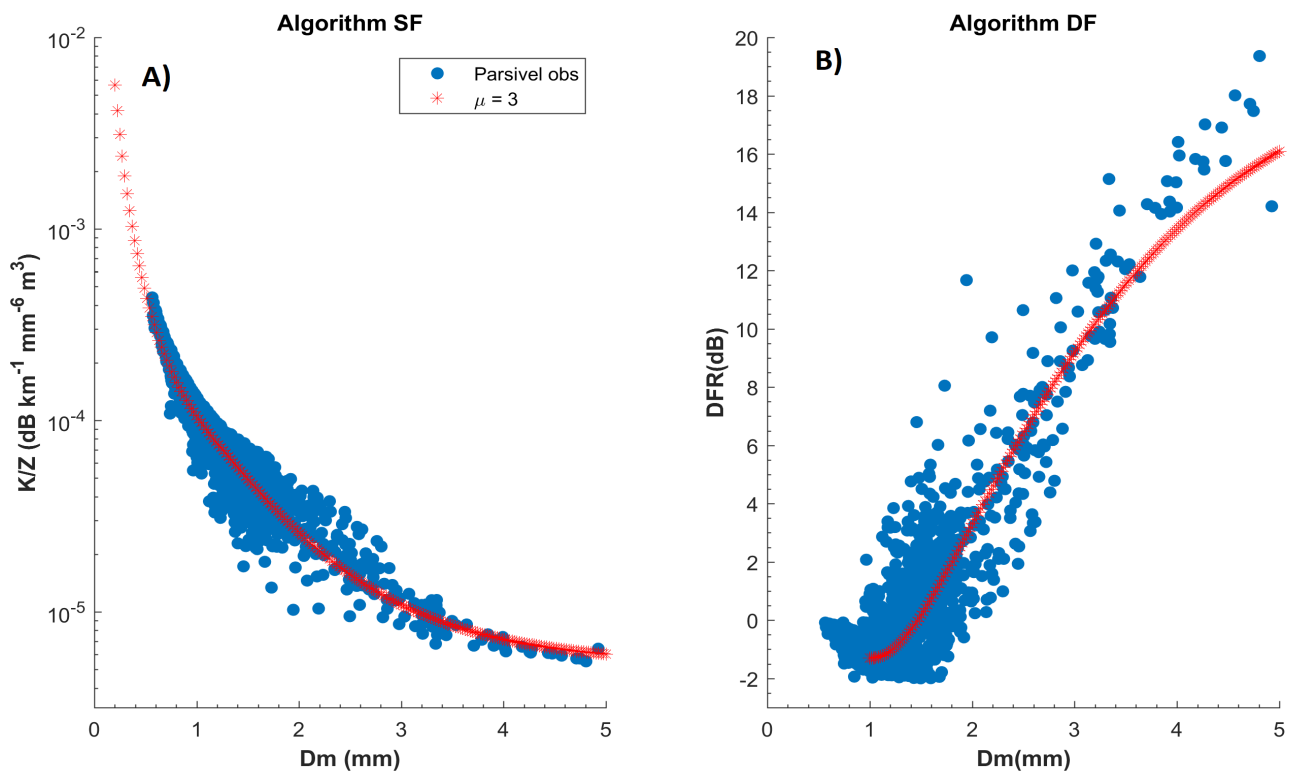


Figura 1. Dispersión de  $K/Z_e$  y DFR, A (método SF), B (método DF) para diferentes diámetros medios ( $D_m$ ). Los puntos azules representan las mediciones sin restringir  $\mu$  y los asteriscos rojos para  $\mu = 3$ .

Se calculó el error cuadrático medio normalizado (NRMSE) para varios intervalos de  $k/Z_e$  y DFR con el fin de conocer la incertidumbre debido a la restricción de  $\mu$  (Tabla 1). Encontramos que el NRMSE en  $D_m$  es mayor para el algoritmo DF, en comparación con el algoritmo SF para el intervalo global de  $k/Z_e$  entre  $[10^{-6}$  a  $10^{-3}]$  y DFR  $[-2$  a  $18]$ . Por otro lado, el NRMSE, calculado para cada intervalo de  $k/Z_e$ , mostró que el error debido a la restricción de  $\mu$  es mayor para el intervalo  $[10^{-5}$   $10^{-4}]$ , donde predominan las gotas medias (1-3 mm); mientras que el error más bajo se encontró en el intervalo  $[10^{-4}$  -  $10^{-3}]$ , donde predominan las gotas pequeñas ( $<1$  mm). En el caso del algoritmo DF, los valores DFR con mayor incertidumbre se encuentran en el intervalo  $[0-5]$ ; mientras que el menor error se encuentra en el intervalo  $[-2.0-0]$ . En ambos intervalos predominan las gotas medianas. Estos resultados muestran que la mayor incertidumbre está relacionada con gotas medianas para los algoritmos SF y DF; sin embargo, para el algoritmo DF las gotas con diámetro cercano a 1 mm, son las que tienden a tener menor error.

Tabla 1. NRMS en varios intervalos de  $k/Z_e$  y DFR

PARSIVEL					
$k/Z_e$	Promedio de Dm (mm)	Dm (mm)	DFR	Promedio de Dm (mm)	Dm (mm)
$10^{-3} - 10^{-2}$	-	-	-2 - 0	1.16	0.158
$10^{-4} - 10^{-3}$	0.86	0.059	0 - 5	1.44	0.232
$10^{-5} - 10^{-4}$	1.42	0.201	5 - 10	1.95	0.175
$10^{-6} - 10^{-5}$	4.04	0.109	10 - 18	3.33	0.161
$10^{-6} - 10^{-3}$	1.12	0.167	-2 - 18	1.44	0.201

Tabla 2. NRMSE de Nw evaluados en varios intervalos de Dm

Dm (mm)	Promedio de Nw (dB) (OBS)	Nw (dB) (SF)	Nw (dB) (DF)
0 - 1	41.66	0.028	-
1 - 2	35.43	0.068	0.139
2 - 3	25.28	0.150	0.151
3 - 4	21.51	0.083	0.096
4 - 5	18.31	0.111	0.166

La correlación entre los parámetros observados y derivados por los métodos SF (Figura 2A, C) y DF (Figura 2B, D) mostró que el algoritmo SF tuvo mejor desempeño para estimar Dm, en comparación con el algoritmo DF. El coeficiente de correlación del algoritmo SF calculado fue de  $R = 0.93$ , mientras que para el algoritmo DF fue  $R = 0.90$ . El parámetro Nw también mostró alta correlación para el algoritmo SF ( $R = 0.95$ ), significativamente, mayor que para el algoritmo DF ( $R = 0.7$ ). Adicionalmente, se calculó el NRMSE para cinco intervalos de Dm (Tabla 2) para identificar las diferencias en Nw entre los algoritmos SF y DF. Encontramos que el error para gotas de diámetro en el intervalo [1-2 mm] aumentó de 0.068 dB a 0.139 dB, que equivale al 7.1 %; mientras que en el intervalo [2-3 mm] el error aumentó de 0.150 a 0.151, lo cual es equivalente al 0.1 %, siendo el que menos error tuvo entre los algoritmos.

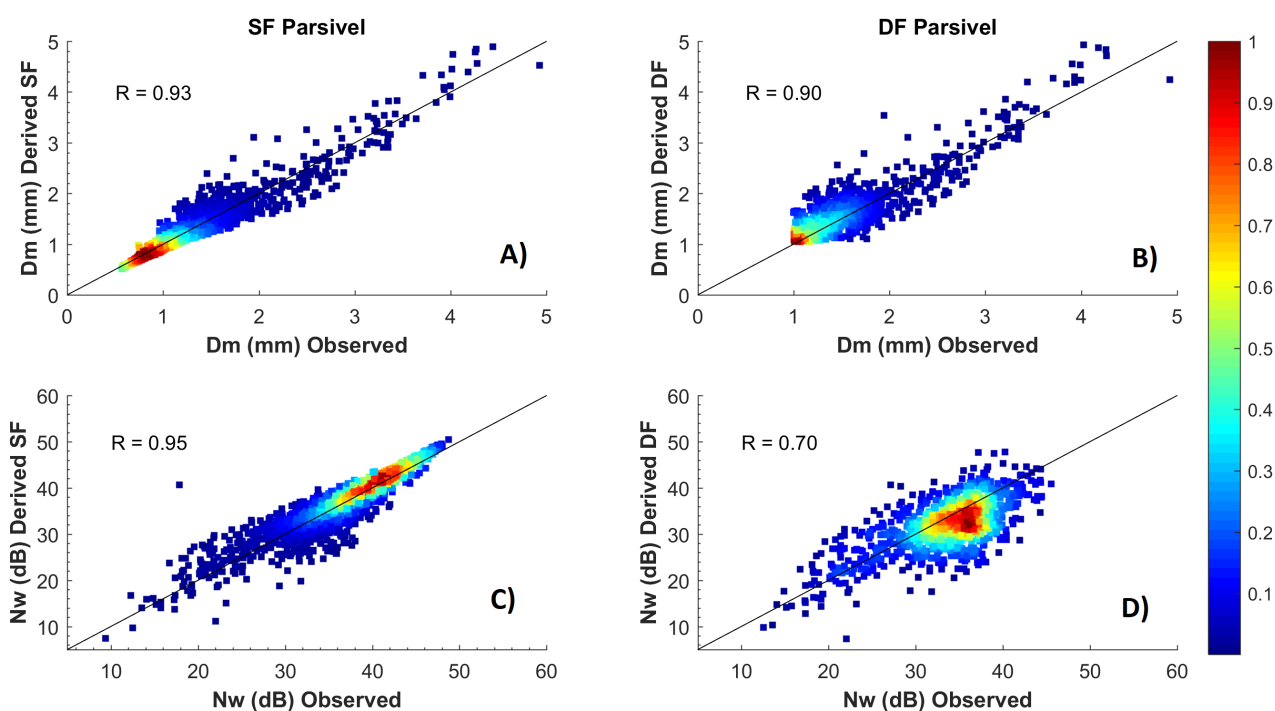


Figura 2. Correlación entre los parámetros DSD observados y derivados del disdrómetro, usando el algoritmo SF (A,C) y el algoritmo DF (B,D). Los colores representan la densidad de muestras normalizada.

## CONCLUSIONES PRELIMINARES

La restricción del parámetro de forma ( $\mu$ ) tuvo mayor impacto en el algoritmo DF, esto se ve reflejado en el NRMSE global, donde obtuvo un error de 0.201 mm en comparación al algoritmo SF, que tuvo 0.167 mm. También, se encontró que el mayor error causado por  $\mu$  está asociado a las gotas medianas (entre 1 y 3 mm). El NRMSE calculado para el parámetro Nw, asociado a las gotas medianas, indica que el error de  $\mu$  está relacionado principalmente a las gotas con diámetro entre 2 y 3 mm para el algoritmo SF y entre 1 y 3 mm para el algoritmo DF. El incremento del error en 7 % en el intervalo de 1 a 2 mm, cuando se compararon ambos métodos, sugiere que el algoritmo DF es más sensible a las variaciones de  $\mu$ .

## REFERENCIAS

- Adhikari, Nanda y Iguchi, Toshio. (2006). *Effect of Raindrop Size Distribution Variability in Dual-Frequency Radar Rain Retrieval Algorithms Assessed From Disdrometer Measurements*. *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*. 3. 197 - 201.
- Chang, N.B. y Hong, Y. (2012). *Multiscale Hydrologic Remote Sensing: Perspectives and Applications (1st Ed.)*. Boca Raton: CRC Press.
- Harikumar, R. (2016). *Orographic effect on tropical rain physics in the Asian monsoon region*. *Atmospheric Science Letters*, 17(10), 556–563.
- Mishchenko, M. y Travis, L. (1998). *Capabilities and limitations of a current FORTRAN implementation of the T-matrix method for randomly oriented, rotationally symmetric scatterers*. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 60(3), 8–9.
- Silva, Y., Takahashi, K., Cruz, N., Trasmonte Soto, G. L., Mosquera, K., Nickl, E., Lagos, P. (2006). *Variability and Climate Change in the Mantaro River Basin, Central Peruvian Andes*. *Proceedings of 8 ICSHMO, Foz Do Iguacu, Brazil, (INPE)*, 407–419.
- Tokay, A., Wolff, D. B., y Petersen, W. A. (2014). *Evaluation of the new version of the laser optical disdrometer, OTT parsivel*. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 31(6), 1276–1288.

# RESUMEN DEL INFORME TÉCNICO DE EL NIÑO

## PP N°068/EL NIÑO -IGP/2020-04



Foto: Roger Manay

El presente informe es elaborado por el IGP y sirve como insumo para el informe técnico y Comunicado Oficial de la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN). Se presentan los principales resultados de los modelos climáticos con el pronóstico de El Niño. En ocasiones puede diferir del comunicado del ENFEN, debido a que el comunicado es un consenso. En caso de discrepancias entre el informe técnico de El Niño emitido por el IGP y el comunicado del ENFEN, prevalecerá el comunicado del ENFEN.

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN), basado en los datos de ERSSTv5 (ICENv5), para el mes de marzo de 2020, continúa indicando la condición climática Neutra frente a la costa peruana con el valor de 0.10 °C. Por el contrario, el ICEN estimado con los datos de SSTOI (ICENOI) indica condiciones Cálidas Débiles con el valor de 0.47 °C. Los valores temporales del ICEN (ICENtmp) de ERSSTv5 y de OISSTv2 para los meses de abril y mayo de 2020 coinciden en indicar condiciones Neutras. Con respecto al Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) muestran condiciones Cálidas Débiles para el mes de marzo (0.50 °C) y, según la información de los valores temporales, se esperarían condiciones Neutras para los meses de abril (0.35 °C) y mayo (0.13 °C).

Durante el mes de abril se observó, en la profundidad de la termoclina, la presencia de un paquete de ondas Kelvin frías aproximándose a la costa americana, mientras que en la información de altimetría satelital (producto DUACS), esta señal ya habría iniciado su arribo a la costa norte del Perú, y se espera que continúe afectando la costa hasta el mes de julio.

Según el promedio de los resultados de los siete modelos numéricos climáticos de NMME, inicializados con información oceánica y atmosférica del mes de mayo de 2020, se tendría un escenario ligeramente frío, tanto en el Pacífico central como oriental, siendo para la primera región (central) una condición fría débil a partir de setiembre de 2020.

Puede acceder al informe técnico de El Niño 2020-04 en el siguiente link:

<https://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/4788>

# RESUMEN DEL COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 06-2020

**CALLAO, 15 DE MAYO DE 2020**

## ESTADO DEL SISTEMA DE ALERTA: **NO ACTIVO**

La Comisión Multisectorial ENFEN mantiene el estado de Alerta No Activo debido a que hasta inicios de invierno se espera el desarrollo de temperaturas del mar ligeramente por debajo de lo normal frente a la costa del Perú, aunque manteniéndose en el rango de las condiciones neutras.

Frente a este panorama, debe considerarse que el periodo en el cual no se desarrolla El Niño o La Niña es oportuno que se realicen las labores de reducción y prevención del riesgo de desastre, por lo cual el ENFEN recomienda que las entidades competentes adopten las acciones correspondientes.



Foto: Roger Manay

COMISIÓN MULTISECTORIAL  
ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL  
DEL FENÓMENO "EL NIÑO" (ENFEN)  
DECRETO SUPREMO N° 007-2017-PRODUCE



ESTUDIO NACIONAL DEL  
FENÓMENO "EL NIÑO"

<sup>1</sup>El Estado del Sistema de Alerta "No Activo" se da en condiciones neutras o cuando la Comisión ENFEN espera que El Niño o La Niña costera están próximos a finalizar.


Puede acceder al Comunicado Oficial del ENFEN N° 06-2020 en el:  
<http://enfen.gob.pe/download/comunicado-oficial-enfen-n-06-2020/>  
<https://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/4787>

### Redes IGP:

<https://www.gob.pe/igp>

 <https://web.facebook.com/igp.peru>

 [https://twitter.com/igp\\_peru](https://twitter.com/igp_peru)

 [https://www.youtube.com/c/IGP\\_videos](https://www.youtube.com/c/IGP_videos)